

การหาสัดส่วนที่เหมาะสมต่อเชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่งแบบรีดเย็น

Determination of Optimal Mixture Ratio of Charcoal Fuel Wet Compression

สุพรรณ ยั่งยืน^{1*}, จักรมาส เลหาวิช²

Suphan Yangyuen^{1*}, Juckamas Laohavanich²

Received : 15 October 2012 ; Accepted : 10 December 2012

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสัดส่วนที่เหมาะสมของเชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่งแบบรีดเย็น โดยทำการศึกษากับส่วนผสมชีวมวล 2 ชนิด คือ แกลบเผาผสมกับผักตบชวาบด และแกลบเผาผสมกับกากอ้อย โดยใช้แป้งมันเป็นตัวประสาน โดยทั้ง 2 ส่วนผสมทำการศึกษา 3 อัตราส่วน คือ 50:37.5:12.5 62.5:25:12.5 75:12.5:12.5 จากการศึกษาพบว่า แกลบเผาผสมกับกากอ้อยที่อัตราส่วน 75:12.5:12.5 เหมาะสมต่อการอัดแท่งเชื้อเพลิงชีวมวล เพราะเป็นส่วนผสมที่ให้พลังงานความร้อนมากที่สุด คือ 6.672 MJ/kg และมีความแข็งแรงมากที่สุด คือ 3729.98 kN/m² เนื่องจากมีความหนาแน่นมากที่สุดจึงทำให้มีความแข็งแรงมากที่สุด จากการนำไปเผาไหม้เพื่อต้มน้ำยังพบว่า แกลบเผาผสมกับกากอ้อยที่อัตราส่วน 75:12.5:12.5 ยังใช้เวลาในการเผาไหม้นานที่สุด แต่อาจจะติดไฟช้ากว่าอัตราส่วนอื่น

คำสำคัญ: แกลบเผา ผักตบชวา อัดแท่ง

Abstract

The objective of this study aimed to determine an appropriate mixing ratio of briquette cold extrusion. Mixtures were two types of biomass: burned rice husk mixed with dried water hyacinth and burned rice husk mixed with dried bagasses. The binder was tapioca flour 12.5 % by weight 50:37.5:12.5 62.5:25:12.5 75:12.5:12.5. The results showed that burned rice husk mixed with dried bagasses at 75:12.5:12.5 was appropriated to produce a briquette which provided the highest heating value was 6.672 MJ/kg, compressive resistance was 3729.98 kN/m², and density. For the burning test, it showed that the burned rice husk mixed with dried bagasses revealed the longest burning time at the mixing ratio of 75:12.5:12.5.

Keywords: burned rice husk, bagasses, briquette

บทนำ

จากวิกฤติการณ์พลังงานจากฟอสซิลในปัจจุบัน ซึ่งประเทศไทยต้องพึ่งพาจากต่างประเทศ จึงเป็นผลทำให้เสถียรภาพด้านพลังงานของไทยอยู่ในข่ายน่าเป็นห่วง ถึงแม้ว่าประเทศไทยจะมีปริมาณน้ำมันดิบและก๊าซธรรมชาติสำรองไว้แต่ก็คาดการณ์ว่าจะใช้ได้อีกประมาณไม่กี่สิบปี ดังนั้นการเสาะหาพลังงานทางเลือก ไม่ว่าจะเป็นจากพลังงานแสงอาทิตย์ ลม น้ำ แรงโน้มถ่วงโลก วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรทดแทนจึงหลีกเลี่ยงไม่ได้ ทั้งนี้ประชาชนส่วนใหญ่ของประเทศไทยซึ่งเป็นชาวนาชนบท ยังคงอาศัยพลังงานจากแสง

อาทิตย์ น้ำ แรงโน้มถ่วงโลก ก๊าซชีวภาพที่มาจากมูลสัตว์ ชีวมวลที่ได้จากเศษซากพืช ต้นไม้ พืชไร่ต่าง ๆ เช่น อ้อย แกลบ หรือแม้แต่วัชพืช เช่น หญ้า ไมยราบ ผักตบชวา รวมทั้ง เศษขยะจากผัก เปลือกผลไม้ โดยเฉพาะพลังงานจากชีวมวลนี้น่าจะเป็นแหล่งพลังงาน ที่ควรจะให้ความสนใจ และพัฒนาอย่างจริงจัง เนื่องจากประเทศไทยมีทรัพยากรและวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรที่จะนำมาพัฒนาเป็นแหล่งพลังงานหมุนเวียนเป็นจำนวนมาก อีกทั้งเทคโนโลยีในการผลิตพลังงานชีวมวลนี้ยังไม่ล้าสมัย ราคาไม่แพง ซึ่งประชาชนทั่วไปสามารถผลิตและใช้ได้เอง¹⁻⁶

^{1,2} อาจารย์, คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม 44150

^{1,2} Lecturer, Faculty of Engineering, Mahasarakham University, Kantharawichai District, Maha Sarakham 44150, Thailand.

* Corresponding author; suphan.y@msu.ac.th

นอกจากนี้พบว่ามีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการการนำชีวมวลมาอัดเป็นเม็ดและหรือแท่งเชื้อเพลิงจำนวนมาก เช่น การผลิตเชื้อเพลิงแข็งจากผักตบชวา⁴ การศึกษาการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเปลือกทุเรียนเพื่อทดแทนฟืนและถ่านในการหุงต้มในครัวเรือน² การพัฒนาทะเลลายปาล์มเป็นเชื้อเพลิงหุงต้ม⁵ ถ่านอัดแท่งจากซังข้าวโพดผสมกะลามะพร้าว⁶

ในการศึกษาครั้งนี้มีความคาดหวังที่จะนำวัสดุเหลือใช้จากอุตสาหกรรมเกษตรและวัชพืช คือ แกลบเผา กากอ้อย ผักตบชวา มาทำการแปรรูปเป็นเชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่งในส่วนที่แตกต่างกันโดยใช้หลักการอัดแบบปรีดเย็น และนำมาศึกษาเปรียบเทียบด้านพลังงานความร้อน ความหนาแน่น ค่าความร้อน การติดไฟ สำหรับเป็นข้อมูลในการตัดสินใจเลือกผลิตแท่งเชื้อเพลิงที่เหมาะสมต่อการนำไปใช้ต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

หัวข้อนี้วัสดุอุปกรณ์เพื่อหาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการอัดแท่งเชื้อเพลิงชีวมวล โดยมีวัสดุชีวมวลที่ใช้ผสมกัน 3 ชนิด คือ แกลบเผา ผักตบชวา กากอ้อย โดยจะเน้นแกลบเผาเป็นหลัก เพราะเป็นวัสดุชีวมวลที่เหลือจากการเกษตรมากที่สุดและหาง่าย โดยจะใช้แป้งมันเป็นสารประสาน และมีวิธีการเตรียมสารชีวมวล ดังนี้

1. แกลบเผา ทำการเผาแกลบในถัง 200 ลิตร โดยการเทแกลบดิบลงในถัง 200 ลิตร ประมาณครึ่งถัง ใส่เชื้อเพลิงลงบนแกลบหลังจากนั้นจุดไฟที่เชื้อเพลิงประมาณ 2-3 นาที รอจนไฟติดที่แกลบดิบเล็กน้อย (ตั้งไว้ประมาณ 5-6 ชั่วโมง ขึ้นอยู่กับปริมาณของแกลบดิบ) เอาผ้าชุบน้ำแล้วปิดท่อนจะดับเอง เนื่องจากการเผานั้น แกลบจะไม่ถูกเผาหมดจึงยังมีแกลบเหลืออยู่ จึงใช้วิธีการตำในครกดินเผา แล้วนำมาร่อนในตะแกรงร่อนขนาด 0.6 mm

2. ผักตบชวาบด นำผักตบชวามาตากแดด 3 วัน แล้วนำไปอบในตู้อบลมร้อน ที่อุณหภูมิ 103°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วนำมามบดโดยเครื่องปั่นผลไม้ จากนั้นร่อนในตะแกรงร่อนขนาด 0.6 mm

3. กากอ้อยบด นำกากอ้อยที่ได้จากกรบิบน้ำอ้อย แล้วนำมามอบในตู้อบลมร้อน ที่อุณหภูมิ 103°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วนำมามบดโดยเครื่องปั่นผลไม้ และร่อนในตะแกรงร่อนขนาด 0.6 mm

การศึกษาคุณลักษณะของวัสดุชีวมวลก่อนอัดแท่ง

นำวัสดุชีวมวลดังกล่าวหาค่าความชื้น ความหนาแน่น และปริมาณน้ำที่เติมลงไปสำหรับการเตรียมเชื้อเพลิงชีวมวลก่อนการอัดแท่ง โดยทำการศึกษากับส่วนผสมชี

วมวล 2 ชนิด คือ แกลบเผาผสมกับผักตบชวาบด และแกลบเผาผสมกับกากอ้อย โดยใช้แป้งมันเป็นตัวประสานที่ 12.5% โดยน้ำหนัก (ได้จากการสัมภาษณ์ ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมขอนแก่น ซึ่งจะได้ส่วนผสมประมาณ 9 – 13% โดยน้ำหนัก) โดยทั้ง 2 ส่วนผสมทำการศึกษา 3 อัตราส่วน คือ 50: 37.5: 12.5 62.5: 25: 12.5 75: 12.5: 12.5 โดยใช้ตัวอักษร A ถึง C และ E ถึง F แทนแกลบเผาผสมกับผักตบชวาบด และแกลบเผาผสมกับกากอ้อย ตามอัตราส่วนทั้งสามตามลำดับ ปริมาณน้ำที่เติมลงไปสำหรับการเตรียมเชื้อเพลิงชีวมวลก่อนการอัดแท่ง:

สำหรับอัตราส่วนของสารชีวมวลที่จะทำการทดลองอัดเป็นแท่งเชื้อเพลิงชีวมวล และเนื่องจากเชื้อเพลิงชีวมวลตั้งต้นมีความชื้นต่ำจึงจำเป็นต้องเติมน้ำเพื่อให้เนื้อสารเกิดการเกาะยึด ซึ่งมีวิธีการเตรียมและการหาปริมาณน้ำที่ต้องเติม คือ ผสมสารชีวมวลตามอัตราส่วนที่ต้องการศึกษา โดยการผสมและเติมน้ำจนกระทั่งเมื่อใช้มือกำแล้วสามารถจับเป็นก้อน แล้วคำนวณหาปริมาณน้ำที่เติมจากความสัมพัทธ์

$$\text{ปริมาณน้ำที่เติม (\%)} = \frac{\text{นน.หลังเติมน้ำ} - \text{นน.ก่อนเติมน้ำ}}{\text{นน.ก่อนเติมน้ำ}} \times 100$$

การศึกษาคุณลักษณะของเชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่ง

ก่อนที่จะดำเนินการหาคุณลักษณะของเชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่ง ต้องดำเนินการอัดแท่งในแล้วเสร็จ โดยใช้เครื่องอัดแท่งแบบปรีดเย็น ของคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม จากนั้นดำเนินการศึกษาหาคุณลักษณะของเชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่ง ดังรายละเอียดต่อไปนี้ (ดัดแปลงจาก วิไลพร ลักษณะวิวัฒน์ และคณะ⁶)

- 1) การหาค่าความแข็งแรงของเชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่งทดสอบความแข็งแรงของเชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่ง ด้วยกรรมวิธีตรวจสอบพื้นฐานว่าเชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่งส่วนผสมชนิดใดให้ความแข็งแรง โดยการวัดค่าความเค้นอัด และความเคียดที่เกิดขึ้น

- 2) การหาค่าความร้อนของเชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่ง การวิเคราะห์ค่าความร้อน คือการวิเคราะห์หาค่าพลังงานความร้อนของเชื้อเพลิง จากสารชีวมวลสำหรับใช้อัดแท่ง และเชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่งที่ได้จากการศึกษาด้วยเครื่องมือวิเคราะห์ค่าความร้อนบอมบ์คาลอริมิเตอร์ ทำการวิเคราะห์ค่าความร้อน

3) การทดสอบการเผาไหม้ของชีวมวลอัดแท่ง การทดสอบการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่งโดยใช้มวลของแท่งเชื้อเพลิงเท่า ๆ กัน คือ 250 กรัม จุดไฟแล้วใช้ตม่น้ำ 1000 ml บันทึกอุณหภูมิมีน้ำทุก ๆ 5 นาที ตม่น้ำจนกระทั่งชีวมวลอัดแท่งถูกเผาไหม้จนหมด ขณะทดสอบสังเกตลักษณะการติดไฟของชีวมวลอัดแท่งและบันทึกผล

ผลและวิจารณ์

ชนิดของเชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่งที่ทำการศึกษ แบ่งได้ 2 ชนิด คือ ชนิดที่มีเกลบเผาผสมกับผักตบชวาบด และชนิดที่มีอัตราส่วนผสมระหว่างเกลบเผา กากอ้อยบด ซึ่งใช้แป้งมันเป็นสารประสาน โดยทั้ง 2 ชนิด มีอัตราส่วนผสมของสารชีวมวลอยู่ 3 อัตราส่วน คือ 50: 37.5: 12.5, 62.5: 25: 12.5, 75: 12.5: 12.5 ผลการศึกษามีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ผลการศึกษาคุณลักษณะของวัสดุชีวมวลก่อนอัดแท่ง

1) ความชื้น ความหนาแน่น และค่าความร้อนของวัสดุชีวมวลก่อนอัดแท่งผลการศึกษาของสารชีวมวลก่อนอัดแท่ง ดังนี้ เกลบเผา ผักตบชวาบด และกากอ้อยบด มีความชื้น 3.72 1.40 และ 3.70 ตามลำดับ มีความหนาแน่น 468.88 189.95 และ 161.73 ตามลำดับ สำหรับค่าความร้อน พบว่า เกลบเผา มีค่ามากที่สุดรองลงมา คือ กากอ้อยบด และผักตบชวา ซึ่งมีค่าเป็น 3.54 2.03 และ 1.00 MJ/kg ตามลำดับ

2) การหาปริมาณน้ำที่เติมในวัสดุชีวมวลก่อนอัดแท่งในการศึกษาเชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่ง เมื่อผสมวัสดุชีวมวลตามสัดส่วนที่ศึกษา A ถึง F นั้นไม่สามารถอัดแท่งได้ เนื่องจากความชื้นไม่พอ ทำให้เนื้อวัสดุไม่ยึดเกาะกัน ดังนั้นจึงมีความจำเป็นต้องเพิ่มความชื้นโดยการเติมน้ำเพื่อให้สารชีวมวลยึดเกาะกันได้ โดยตรวจสอบด้วยการใช้มือกำ หากพบว่าสามารถจับเข้ากันเป็นก้อนได้จะสามารถอัดเป็นแท่งได้ ซึ่งเมื่อนำมาหาปริมาณน้ำที่เติมเข้าไปพบว่าอัตราส่วน A ต้องเติมน้ำมากที่สุด 189% โดยน้ำหนัก รองลงมาคืออัตราส่วน D ดังแสดงใน Table 1 โดยอัตราส่วนที่เติมน้ำน้อยที่สุดคือ อัตราส่วน F 101.70% พบว่าปริมาณน้ำที่เติมไม่เท่ากันนั้น อาจเป็นเพราะความชื้นของสารชีวมวลไม่เท่ากัน คือ ผักตบชวาบด มีความชื้นน้อยที่สุดเลยทำให้การเติมน้ำมากกว่า ในขณะที่กากอ้อยบดที่มีความชื้นมากกว่า หรืออาจเป็นเพราะคุณสมบัติการดูดซับน้ำของวัสดุก็เป็นได้

Table 1 Percentage of water adding in material for various mixing ratio of charcoal

Biomass	Ratio (%)	Weight (g)		Water content (% wt.)
		Before water added	After water added	
Burned rice husk : water hyacinth : tapioca flour	50.0 : 37.5 : 12.5 (A)	770.22	2231.64	189.74
	62.5 : 25.0 : 12.5 (B)	796.26	1915.52	140.56
	75.0 : 12.5 : 12.5 (C)	799.60	1701.17	112.75
Burned rice husk : bagasses : tapioca flour	50.0 : 37.5 : 12.5 (A)	773.71	2231.22	188.38
	62.5 : 25.0 : 12.5 (B)	793.72	1901.08	139.51
	75.0 : 12.5 : 12.5 (C)	800.88	1615.25	101.70

ผลการศึกษาคุณลักษณะของเชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่ง

1) ความชื้นและความหนาแน่นของเชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่ง หลังจากเตรียมวัสดุชีวมวลตามสัดส่วนที่จะศึกษาแล้ว จึงทำการอัดแท่งโดยใช้หลักการอัดแบบปริตเย็น ผลการศึกษาแสดงใน Table 2 พบว่าวัสดุชีวมวลอัดแท่ง (A-F) มีความชื้นในช่วง 151.66 – 215.76 โดยอัตราส่วนของ F มีความชื้นต่ำสุดที่ 134.491 %มาตรฐานแห้ง(%db) ใกล้เคียงกับอัตราส่วนผสมของ C ที่ 155.56 %db และอัตราส่วนผสมของ A มีความชื้นสูงสุด คือ 215.79 %db ถึงแม้ว่าความชื้นหลังอัดจะแตกต่างกันบ้างแต่ก็เป็นความชื้นที่เหมาะสมต่อการอัดเป็นแท่งตามอัตราส่วนผสมนั้น ซึ่งสังเกตได้จากการจับตัวกันเป็นแท่งหลังอัดได้ดี ความชื้นของเชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่งที่อัตราส่วน C และ F จะมีความชื้นน้อยกว่าอัตราส่วนอื่น เพราะที่อัตราส่วน C และ F มีปริมาณเกลบเผามากกว่าอัตราส่วนอื่น ซึ่งอาจเป็นเพราะว่าเกลบเผามีการดูดซับความชื้นน้อยกว่าวัตถุดิบที่นำมาผสมในแต่ละอัตราส่วน และพบว่าผักตบชวามีการดูดซับความชื้นมากกว่ากากอ้อยบด จึงทำให้แท่งเชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่งที่ผสมผักตบชวามีความชื้นมากกว่าแท่งเชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่งที่ผสมกากอ้อย

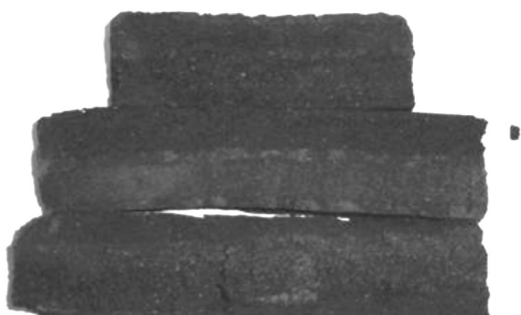
สำหรับค่าความหนาแน่นของเชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่งมีค่าอยู่ในช่วง 392.57-523.55 kg/m³ โดยอัตราส่วนผสม C และ F จะมีความหนาแน่นมากกว่าอัตราส่วนผสมอื่นที่ 523.55 และ 499.57 kg/m³ ตามลำดับ เพราะอัตราส่วนผสม C และ F มีปริมาณแกลบเผามากกว่าและแกลบเผายังมีความหนาแน่นมากกว่าอัตราส่วนอื่น แกลบเผามีอนุภาคเล็กจึงทำให้สารชีวมวลอยู่ชิดกัน และมีช่องว่างระหว่างอนุภาคน้อย จึงทำให้เชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่งอัตราส่วน C และ F มีความหนาแน่นมากกว่าอัตราส่วนอื่น

Table 2 Moisture content and density of various mixing ratio of charcoal

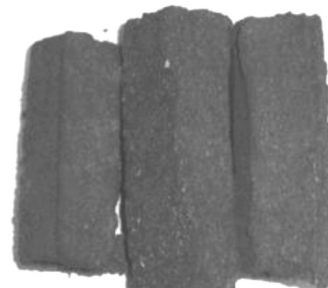
Ratio (%)	MC (%) db	MC (%) wb	Density (kg/m ³)
A	215.79	68.33	392.57
B	170.07	63.25	401.06
C	155.5	60.86	499.57
D	176.37	63.81	419.12
E	160.07	61.54	429.75
F	134.49	57.35	523.55

2) ความสามารถในการอัดเป็นแท่งของเชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่งจากการสังเกตลักษณะของเชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่งพบว่า อัตราส่วนผสม C และ F สามารถอัดเป็นแท่งได้ดี ซึ่งมีผิวเรียบไม่มีการคลายตัวหลังอัดเมื่ออบแล้วไม่มีรอยร้าว อาจเนื่องมาจากมีปริมาณแกลบเผาสูงกว่าอัตราส่วนอื่นๆ จึงทำให้เชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่งมีลักษณะคงตัวกว่าอัตราส่วนอื่น ดังแสดงใน Figure 1

แกลบเผา : ผักตบชวา : แป้งมัน
อัตราส่วน 75 : 12.5 : 12.5



แกลบเผา : กากอ้อย : แป้งมัน
อัตราส่วน 75 : 12.5 : 12.5



(b)

Figure 1 Charcoal Fuel (a) C ratio and (b) F ratio

3) ผลการทดสอบความเค้นอัด และ ความเครียดของเชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่ง

ผลการศึกษาแสดงใน Table 3 พบว่าแท่งเชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่งส่วนผสมแกลบเผากับกากอ้อยบด มีความเค้นอัดสูงกว่าส่วนผสมของแกลบเผากับผักตบชวาบด โดยอัตราส่วน F มีค่าความเค้นอัดเฉลี่ยมากที่สุด คือ 3729.98 kN/m² และพบว่า อัตราส่วน F มีค่าความเครียดน้อยกว่าอัตราส่วนอื่น ทั้งนี้เนื่องจากเชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่งที่มีความแข็งแรงมากจะยุบตัวได้น้อยกว่าอัตราส่วนอื่น

Table 3 Stress and Strain of various mixing ratio of charcoal

อัตราส่วน (%)	ความเค้น (kN/m ²)	ความเครียด
A	1416.1	10.02
B	1786.32	7.63
C	3572.64	6.03
D	3239.44	5.49
E	3267.21	4.96
F	3729.98	4.6

4) ค่าความร้อน และ การเผาไหม้ของเชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่ง

ผลของค่าความร้อน และการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่ง แสดงใน Table 4 ซึ่งพบว่าอัตราส่วน F มีค่าความร้อนมากที่สุดเฉลี่ย 6.67 MJ/kg โดยทุกอัตราส่วน ค่าความร้อนจะเพิ่มขึ้นตามปริมาณของแกลบเผา และยิ่งพบว่า อัตราส่วน C มีอัตราส่วนแกลบเผาเท่ากับปริมาณของอัตราส่วน F แต่อัตราส่วน C มีค่าความร้อนน้อยกว่าอัตราส่วน F เนื่องจากอัตราส่วน C มีผักตบชวาบดเป็นส่วนผสม ซึ่งผักตบชวาบดมีค่าความร้อนน้อยกว่ากากอ้อยบด

สำหรับผลการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่ง พบว่า ในช่วงเวลา 0-25 นาที หลังจากจุดไฟ อุณหภูมิของน้ำต้มที่ใช้เชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่งอัตราส่วน A เป็นเชื้อเพลิงจะมีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิของน้ำที่ต้มด้วยเชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่งอัตราส่วนอื่น และยังพบว่าเชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่ง อัตราส่วน A สามารถติดไฟได้เร็วกว่า แท่งเชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่งอัตราส่วนอื่น เพราะแท่งเชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่งอัตราส่วน A มีความหนาแน่นน้อยกว่าแท่งเชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่งอัตราส่วนอื่น ทำให้มีช่องว่างอากาศระหว่างอนุภาคมากกว่าอัตราส่วนอื่น มีอากาศถ่ายเทได้ดี จึงทำให้อัตราส่วน A ติดไฟได้เร็วกว่าอัตราส่วนอื่น และช่วงเวลา 65-95 พบว่าอุณหภูมิของน้ำต้มเมื่อต้มด้วยเชื้อเพลิงอัดแท่งอัตราส่วน A ลดลงอย่างรวดเร็ว แต่อัตราส่วนอื่นยังมีอุณหภูมิน้ำต้มสูงอยู่ เพราะ เชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่งอัตราส่วน A ติดไฟเร็วกว่าและเผาไหม้ไปมากในช่วงแรกจึงทำให้มวลของแท่ง A เหลือน้อยในช่วงที่สอง ส่งผลให้อุณหภูมิของอัตราส่วน A ลดลงอย่างรวดเร็ว ในทางกลับกันเชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่งอัตราส่วน F ในช่วง 0-25 นาที จะมีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิของน้ำที่ต้มด้วยเชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่งอัตราส่วนอื่น โดยที่อัตราส่วน A B D E จะทำให้อุณหภูมิน้ำต้มเริ่มลดต่ำลงเมื่อเวลาผ่านไป 60 นาที ในขณะที่อัตราส่วน C และ F ยังคงทำให้อุณหภูมิน้ำต้มที่นานเพิ่มขึ้นประมาณ 10 และ 15 นาที ตามลำดับ และเชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่งอัตราส่วน F สามารถต้มน้ำให้ระเหยมากที่สุด รองลงมาคืออัตราส่วน E D C B และ A ตามลำดับ เฉลี่ย 572.4 556.9 535.7 529.7 501.8 และ 487.5 ตามลำดับ

Table 4 Heating value of various mixing ratio of charcoal

Ratio (%)	Avg. of heating value (MJ/kg)	Avg. of evaporated water (ml)
A	3.78	487.5
B	5.41	501.8
C	6.34	529.7
D	5.22	535.7
E	5.47	556.9
F	6.67	572.4

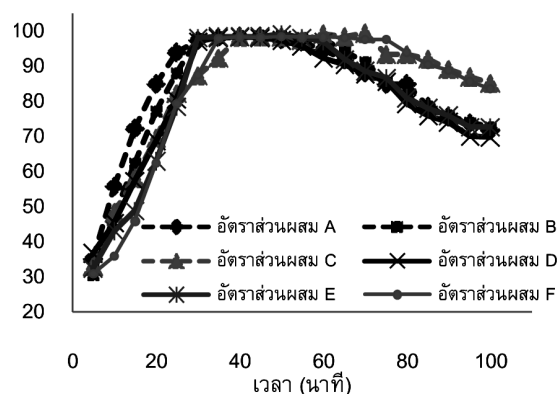


Figure 2 Temperature of boiling water of various mixing ratio of charcoal with boiling test

สรุป

การศึกษาหาอัตราส่วนที่ผสมของเชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่ง โดยแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ ชนิดที่มีส่วนผสมของแกลบเผากับผักตบชวาบด และชนิดที่มีแกลบเผากับกากอ้อยบด โดยทั้ง 2 ชนิดมีแป้งมันเป็นสารประสานแต่ละชนิดได้ทำการศึกษา 3 อัตราส่วน จากการศึกษพบว่าเชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่งอัตราส่วน F (แกลบเผา:กากอ้อยบด:แป้งมัน เท่ากับ 75:12.5: 12.5) มีความเหมาะสมที่จะนำมาผลิตเป็นเชื้อเพลิงชีวมวลมากที่สุด ซึ่งมีความชื้นและค่าความร้อนมากที่สุดคือ 3729.98 kJ/m³ และ 6.67 MJ/kg ตามลำดับ และยังสามารถต้มน้ำให้มีอุณหภูมิจุดเดือดได้ยาวนานกว่าอัตราส่วนอื่น โดยมีปริมาณน้ำระเหยมากที่สุดเฉลี่ย 572.4 ml

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคามที่อำนวยความสะดวกในการทดลอง

เอกสารอ้างอิง

1. ชำญณรงค์ อัครวาทสานุภาพ, การทำถ่านชีวภาพ, วารสารเกษตรธรรมชาติ. ปีที่ 10 ฉบับที่ 162 มกราคม 2547.
2. ทองทิพย์ พูลเกษม. การศึกษาการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเปลือกทุเรียนเพื่อทดแทนฟืนและถ่านในการหุงต้มในครัวเรือน. [ออนไลน์] 2542 [อ้างอิงเมื่อ 8 กันยายน 2552] จาก http://teenet.tei.or.th/project/reuse_waste.html
3. ล้อเกวียน. ชีวิตไร้สารพิษ. พลังงานสะอาด. วารสารเกษตรธรรมชาติ. ปีที่ 10 ฉบับที่ 162 มกราคม 2547
4. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. การผลิตเชื้อเพลิงแข็งจากผักตบชวา. [ออนไลน์] ม.ป.ป. [อ้างอิงเมื่อ 8 กันยายน 2555] จาก <http://web.ku.ac.th/nk40/nk/data/12/project11.htm>
5. สาวิตรี จันทรานุกรักษ์ และ ธารพงษ์ วิจิตรศานนท์. การพัฒนาทะลายปาล์มเป็นเชื้อเพลิงหุงต้ม. 2545. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ปีที่ 17 ฉบับที่ 2
6. วิไลพร ลักษณะวิวัฒน์ กัญจนา สิริกุลรัตน์ และณัฐธัญญา บุญถึง. พฤติกรรมการยอมรับถ่านอัดแท่งจากขังข้าวโพดผสมกะลามะพร้าวของชุมชนตำบลช้างเค็ญอำเภอมะขาม จังหวัดเชียงใหม่. [ออนไลน์] 2554 จาก <http://www.research.cmru.ac.th/2012/ris/resin/arc/CMRU-3-SCI-16-53-FULL.pdf>